

УДК 621.315

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Погодский В.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Линейные электродвигатели обеспечивают высокую точность позиционирования объектов, не требуют применения механической передачи, и обеспечивают высокую экономичность работы

Рассмотрим особенности различных типов линейных двигателей

### 1. Линейный асинхронный двигатель (Рис. 1)

Статор и ротор линейного асинхронного двигателя представляют плоскую конструкцию. При подключении обмотки статора такого двигателя к сети трёхфазного переменного тока, ось магнитного поля будет перемещаться вдоль воздушного зазора со скоростью  $V$ , пропорциональной частоте питающего напряжения  $f$  и длине полюсного деления  $t$ :  $V = 2nf$ . Это перемещающееся магнитное поле пересекает проводники обмотки ротора и индуцирует в них ЭДС, под действием которой по обмотке начнут протекать токи. При взаимодействии токов обмотки ротора с магнитным полем статора, приведёт к появлению силы, действующей, по правилу Ленца, в направлении перемещения магнитного поля. Как и в обычном асинхронном двигателе, перемещение элемента происходит с некоторым скольжением относительно поля  $S = (V - v)/V$ , где  $v$  — скорость движения элемента. Номинальное скольжение линейного двигателя равно 2 - 6%.

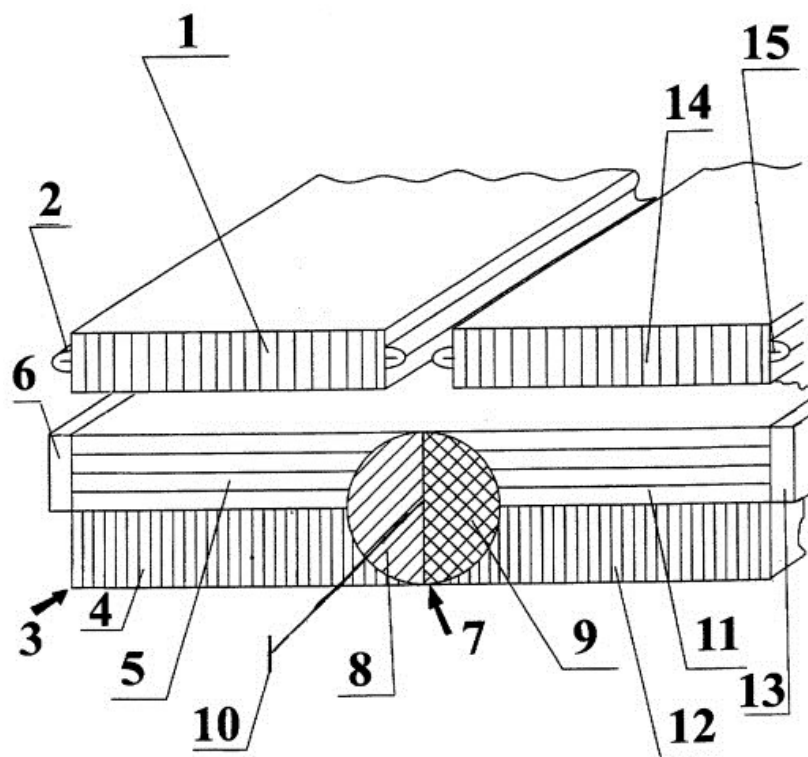


Рисунок 1 Асинхронный линейный двигатель

Для увеличения пускового усилия увеличивают активное сопротивление обмотки вторичного элемента, замыкая, например, по одному стержню 5 в каждом пазу вторичного элемента. Для этого замыкающий цилиндр 7 при помощи рукоятки 10 поворачивают вокруг своей оси так, чтобы он замыкал по одному стержню 5. Для регулирования скорости движения индуктора, состоящего из сердечника 1 и обмотки 2, изменяют число закороченных стержней 5 вращением замыкающего цилиндра 7. Замыкающий цилиндр 7 может замыкать одновременно все стержни 5 основной и стержни 11 дополнительной короткозамкнутых обмоток. При этом основной индуктор, состоящий из сердечника 1 с обмоткой 2, и дополнительный индуктор, состоящий из сердечника 14 с обмоткой 15, будут двигаться с одинаковыми скоростями. Для этого к источнику трехфазного напряжения подключается обмотка 15 дополнительного индуктора. При этом создается бегущее магнитное поле, пересекающее стержни 11 и наводящее в них ЭДС и токи. При взаимодействии этих токов с бегущим магнитным полем дополнительного индуктора будет создаваться тяговое усилие, перемещающее дополнительный индуктор в сторону, противоположную бегущему магнитному полю. Если обе короткозамкнутые обмотки (стержни 5 и стержни 11) будут замкнуты полностью электропроводящей частью 8 цилиндра 7, то основной и дополнительный индуктор будут двигаться с одинаковыми скоростями.

Для остановки обоих индукторов поворачивают цилиндр 7 так, что стержни 5 и 11 короткозамкнутых обмоток сопрягаются изоляционной частью 9 цилиндра 7.

Если поворотный цилиндр 7 установить так, что его электропроводящая часть 8 будет замыкать в короткозамкнутых обмотках, состоящих из стержней 5 и 11, не одинаковое количество стержней, то основной и дополнительный индуктор будут двигаться с разными скоростями. Основной индуктор будет двигаться с большей скоростью, так как его короткозамкнутая обмотка, состоящая из стержней 5, имеет меньшее активное сопротивление, чем дополнительная обмотка, состоящая из стержней 11, у которой при этом замкнуто меньшее число стержней 11 и имеющая большее активное сопротивление.

Предназначен для асинхронных электроприводов с прямолинейным и возвратно-поступательным движением рабочих органов.

## 2. Линейный синхронный электродвигатель (Рис. 2)

Вторичная часть выполняется в виде ферромагнитных пакетов, уложенных дискретно с постоянным шагом вдоль протяженной путевой структуры, состоящей из участков разгона, равномерного движения и торможения, и первичную часть, расположенную с зазором под обмоткой 6 проходит по ярму и стержням 4 магнитопровода 1 и через воздушные зазоры замыкается на ферромагнитных пакетах 7 и 9 вторичной части. Переменная составляющая потока  $\Phi_v$  в воздушном зазоре, образованная за счет дискретного расположения ферромагнитных пакетов, и имеющая период изменения  $2\tau$ , взаимодействует с током обмотки якоря 4 и создает тяговое усилие по принципу однополярного индукторного двигателя. Поскольку обмотки 6 возбуждения соседних

индукторов запитаны токами противоположного направления, то индукторы создают в зазоре переменнопольярный поток возбуждения с периодом изменения  $2\tau$ , который взаимодействует с переменным током дополнительной обмотки якоря 8 и создает дополнительное тяговое усилие по принципу синхронного двигателя.

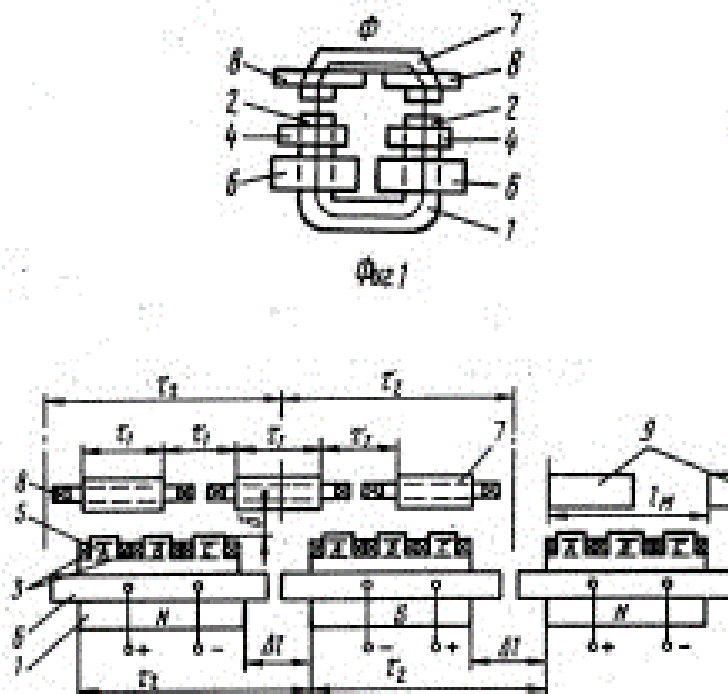


Рисунок 2 Конструкция линейного синхронного двигателя

При этом дополнительная обмотка якоря 8 питается от источника, расположенного на путевой структуре. Дополнительное тяговое усилие может составлять 2-3 значения номинального тягового усилия двигателя.

Использование: в тяговом приводе и электромагнитном подвесе экипажей наземного транспорта.

### 3. Линейный электромагнитный двигатель (Рис. 3)

Содержит цилиндрический статор 1 с размещенной внутри катушкой 2 и якорем 3, выполненным в форме цилиндра 4 с дисковой частью 5. К статору примыкает направляющий корпус 6 из ферромагнитного материала с меньшей площадью поперечного сечения по отношению к статору 1. Двигатель содержит также крышку направляющего корпуса 7, подшипники скольжения 8, 9, возвратную пружину 10 и демпфирующую шайбу 11. Направляющий корпус 6 в верхней части, примыкающей к крышке 7, выполнен с внутренним кольцевым выступом, сопряженным по диаметру с боковой поверхностью дисковой части 5 якоря 3. Указанный внутренний кольцевой выступ направляющего корпуса 6 связан с боковой поверхностью дисковой части 5 якоря 3 через технологический зазор  $\Delta$ , что обеспечивает прохождение магнитного потока и бесконтактное электромагнитное удержание якоря 3 на начальном этапе его движения. Линейный электромагнитный двигатель может быть использован в линейных электромагнитных двигателях для привода

электромагнитных прессов, молотов и других импульсных устройств с поступательным движением рабочих органов.

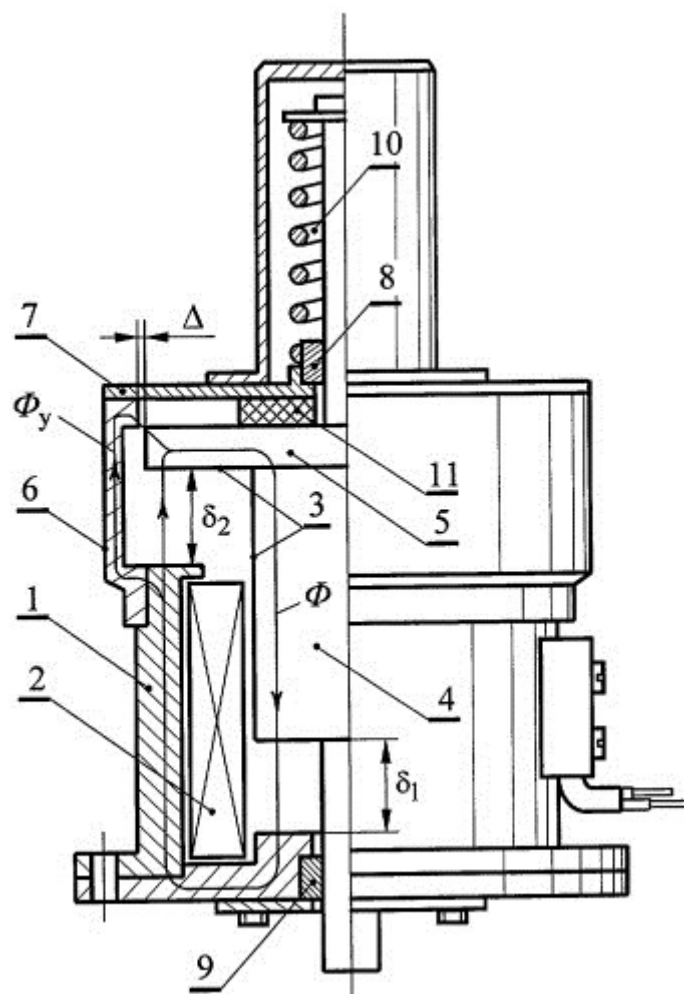


Рисунок 3 Конструкция линейного электромагнитного двигателя

#### 4. Линейный магнитоэлектрический двигатель (Рис.4).

Двигатель содержит индуктор 1 с постоянными магнитами, закрепленными подвижно, якорь в виде катушки 3, намотанный на сердечник 4, и направляющие в виде корпуса 5 со съемной крышкой 6, внутри корпуса 5 устанавливаются якорь и индуктор 1. С внешней стороны на магнитопровод надевается сепаратор 8, разделяющий и удерживающий стальные шарики 9. Индуктор перемещается вдоль стенок корпуса (направляющих), опираясь на стальные шарики. В продольных стенках корпуса 5 выполнены пазы на длину перемещения индуктора, через которые проходят втулки 10, закрепленные на индукторе 1. Позволяет повысить надежность работы двигателя в условиях внешних ударных механических воздействий.

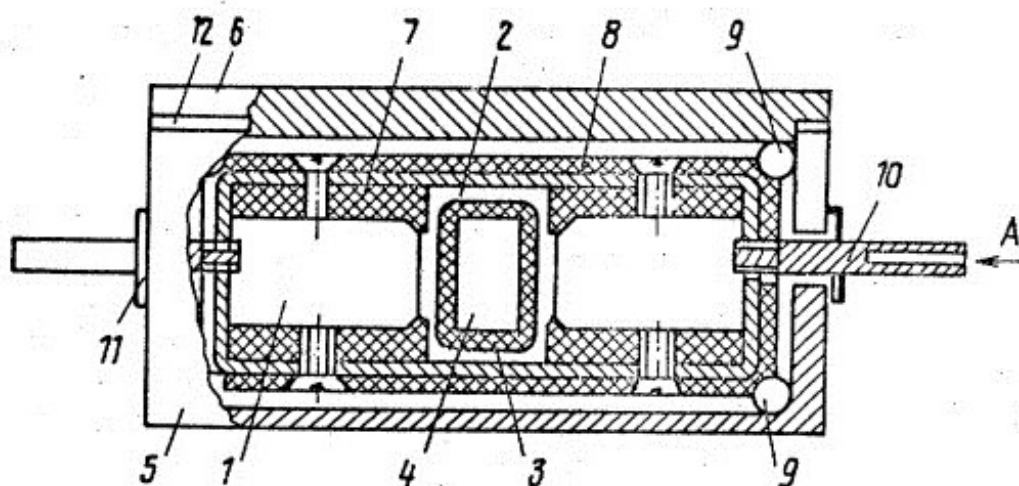


Рисунок 4 Конструкция линейного магнитоэлектрического двигателя

Все линейные двигатели можно разделить на две категории:

- двигатели низкого ускорения
- двигатели высокого ускорения

Основное преимущество таких двигателей состоит в отсутствии кинематических цепей для преобразования вращательного движения в линейное, что существенно упрощает конструкцию приводимого в движение механизма и повышает его КПД. При их работе, даже с учетом высокой эффективности, выделяется много тепла, поэтому нередко используется воздушное или жидкостное охлаждение. По сравнению с винтовыми приводами, линейные двигатели более долговечны, со временем не теряют точности, а также не имеют осевого люфта и почти не создают вибраций.

Линейные двигатели широко используются в прецизионном автоматизированном оборудовании. Это обрабатывающие центры, металлорежущие станки с ЧПУ, например, токарные, сверлильные и фрезерные, лазерные станки для прецизионной резки различных материалов от металла до тканей. Кроме того, линейные двигатели применяются в многокоординатных системах и роботах, на сборочных производствах, при производстве полупроводников.